

50540301WWU

(19)日本国特許庁 (JP)

## (12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-120364

(43)公開日 平成11年(1999)4月30日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号 庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G06T 7/20

G06F 15/70

410

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全8頁)

(21)出願番号	特願平9-278727
(22)出願日	平成9年(1997)10月13日

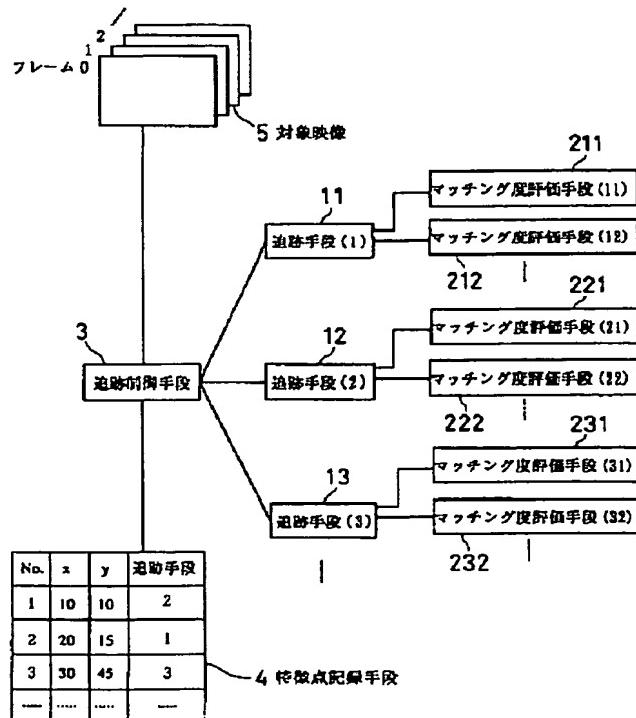
(71)出願人	000004226 日本電信電話株式会社 東京都新宿区西新宿三丁目19番2号
(72)発明者	田中 明通 東京都新宿区西新宿3丁目19番2号 日本電信電話株式会社内
(72)発明者	龟田 明男 東京都新宿区西新宿3丁目19番2号 日本電信電話株式会社内
(72)発明者	金山 英明 東京都新宿区西新宿3丁目19番2号 日本電信電話株式会社内
(74)代理人	弁理士 志賀 富士弥 (外1名)

## (54)【発明の名称】特徴点追跡装置

## (57)【要約】

【課題】 映像中の対象物の特徴点の動きを追跡する特徴点追跡装置において、追跡精度を向上させ、追跡可能な点の条件を緩和する。

【解決手段】 特徴点追跡手段を、各々複数の異なるマッチング度評価手段211～232を用いた複数の異なる特徴点追跡手段11～13で構成する。追跡制御手段3は、対象映像5の各特徴点に対し、予め特徴点記録手段4に書かれた内容に従い、複数ある特徴点追跡手段11～13の1つを選択し、追跡を行う。このように各々の特徴点追跡手段が、複数の異なるマッチング度評価手段を用いることで、類似した点を追跡可能にし、追跡精度を向上させる。一方、複数用意された異なる特徴点追跡手段を選択して用いることで、ある特徴点追跡手段では追跡不可能な特徴点も、別の特徴点追跡手段により追跡することを可能にする。これにより、追跡精度の向上、追跡可能な点の条件の緩和を行う。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 対象物が撮影された対象映像と、該対象物上に配置された特徴点の初期値を入力とし、該対象映像中の対象物の動きにしたがって特徴点の動きを追跡する特徴点追跡装置において、複数のマッチング度評価手段からの出力を用いる、複数の異なる特徴点追跡手段と、

前記特徴点の現在の座標とその特徴点を追跡する際に使用すべき特徴点追跡手段とを記録した特徴点記録手段と、

前記特徴点記録手段から前記特徴点の現在の座標と特徴点追跡手段を読み取り、前記特徴点追跡手段の1つを選択して該特徴点の新たな座標を求め、これを該特徴点記録手段に書き込む処理を、すべての該特徴点に対して前記対象映像の新たなフレームごとに繰り返す特徴点追跡制御手段と、

を具備することを特徴とする特徴点追跡装置。

【請求項 2】 前記マッチング度評価手段として、色分布マッチング度評価手段と、エッジ・マッチング度評価手段と、輪郭変形度評価手段と、を少なくとも有し、前記特徴点追跡手段として、前記色分布マッチング度評価手段と前記エッジ・マッチング度評価手段を用いる特徴点追跡手段と、前記エッジ・マッチング度評価手段と前記輪郭変形度評価手段を用いる特徴点追跡手段と、を少なくとも有する、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の特徴点追跡装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は映像中で、対象物上の特徴点を追跡することにより対象物の動きを追跡する、特徴点追跡装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 特徴点の追跡は、特徴点を中心として正方形のウィンドウを設け、対象映像の新たなフレームが与えられると、フレーム間でウィンドウ内の残差が最も少なくなる点を求めるこによって行われてきた。なお、上記技術に関しては、例えば、Tomasi and Kanade著の「Shape and Motion from Image Streams: a Factorization Method - Part 3 Detection and Tracking of Point Features」(Technical Report of School of Computer Science, Carnegie Mellon University, CMU-CS-91-132, 1991)に記載されている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記した従来技術では、輪郭線上に配置した特徴点が少しずつ輪郭線上からはずれる可能性があり、追跡の精度が十分

でないという問題点があった。また、追跡できる点は角のような形状的に特徴がある点に限られるので満たすべき条件が厳しく、追跡すべき特徴点を少数しか配置できないという問題点があった。

【0004】 そこで本発明は、特徴点の追跡精度を向上させ、追跡可能な点の条件を緩和した特徴点追跡装置を提供することを課題とする。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】 上記の課題を解決するために本発明による第1の発明は、対象物が撮影された対象映像と、該対象物上に配置された特徴点の初期値を入力とし、該対象映像中の対象物の動きにしたがって特徴点の動きを追跡する特徴点追跡装置において、複数のマッチング度評価手段からの出力を用いる、複数の異なる特徴点追跡手段と、前記特徴点の現在の座標とその特徴点を追跡する際に使用すべき特徴点追跡手段とを記録した特徴点記録手段と、前記特徴点記録手段から前記特徴点の現在の座標と特徴点追跡手段を読み取り、前記特徴点追跡手段の1つを選択して該特徴点の新たな座標を求め、これを該特徴点記録手段に書き込む処理を、すべての該特徴点に対して前記対象映像の新たなフレームごとに繰り返す特徴点追跡制御手段と、を具備することを特徴とする。

【0006】 また、同じく本発明による第2の発明は、前記マッチング度評価手段として、色分布マッチング度評価手段と、エッジ・マッチング度評価手段と、輪郭変形度評価手段と、を少なくとも有し、前記特徴点追跡手段として、前記色分布マッチング度評価手段と前記エッジ・マッチング度評価手段を用いる特徴点追跡手段と、前記エッジ・マッチング度評価手段と前記輪郭変形度評価手段を用いる特徴点追跡手段と、を少なくとも有することを特徴とする。

【0007】 本発明では、特徴点追跡手段が複数の異なる特徴点追跡手段から構成され、それぞれの特徴点追跡手段は、複数の異なるマッチング度評価手段の出力を用い、特徴点ごとに特徴点追跡手段を指定して追跡を行う。以上2点が本発明の主要な特徴である。従来の技術では、単一の特徴点追跡手段およびマッチング度評価手段を用いていた点が、本発明において改良されている。

【0008】 本発明による第1の発明においては、特徴点追跡手段が複数のマッチング度評価手段からの出力を利用する。そのために類似した点を追跡することが可能になり、追跡精度が向上する。一方、特徴点追跡手段は複数の異なるものが用意されており、追跡制御手段がそのうちの1つを選択することで、ある特徴点追跡手段では追跡不可能な特徴点も、別の特徴点追跡手段により追跡することが可能になる。したがって、本発明の課題である特徴点の追跡精度の向上、追跡可能な点の条件の緩和を行うことが出来るようになる。

【0009】 本発明による第2の発明においては、特徴

点追跡手段の1つが色分布マッチング度評価手段、エッジ・マッチング度評価手段からの出力を利用する。そのためにエッジ上で色分布の類似した点を追跡することが可能になり、追跡精度が向上する。特徴点追跡手段のもう1つは、エッジ・マッチング度評価手段と輪郭変形度評価手段からの出力を利用する。そのため、エッジ上で初期状態からの変形をなるべく少なくする点を追跡することができ、形状的に特徴のない点の追跡も可能になる。そのため、追跡すべき特徴点に関する条件を緩和することができる。このように、異なる特徴点追跡手段が複数用意されており、追跡制御手段がそのうちの1つを選択することにより、ある特徴点追跡手段では追跡不可能な特徴点も別の特徴点追跡手段により別の方法を用いて追跡することが可能になる。したがって、本発明の課題である特徴点の追跡精度の向上、追跡可能な点の条件の緩和を行うことが出来るようになる。

## 【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図を用いて詳細に説明する。

【0011】図1は、本発明の原理を示す第1の実施形態例の構成図である。

【0012】図1において、11は特徴点追跡手段(1)、12は特徴点追跡手段(2)、13は特徴点追跡手段(3)、211は特徴点追跡手段11で用いるマッチング度評価手段(11)、212は特徴点追跡手段11で用いる別のマッチング度評価手段(12)、221は特徴点追跡手段12で用いるマッチング度評価手段(21)、222は特徴点追跡手段12で用いる別のマッチング度評価手段(22)、231は特徴点追跡手段13で用いるマッチング度評価手段(31)、232は特徴点追跡手段13で用いる別のマッチング度評価手段(32)、3は追跡制御手段、4は特徴点の追跡点を記録する特徴点記録手段、5は複数フレームからなる対象映像を表す。

【0013】本実施形態例では、特徴点追跡手段が特徴点追跡手段(1)、特徴点追跡手段(2)、…というように、複数の異なる特徴点追跡手段から構成されている。それぞれの特徴点追跡手段は、マッチング度評価手段(11)、マッチング度評価手段(12)、…というように複数の異なるマッチング度評価手段の出力を用いる。追跡点制御手段3は、対象映像5の各特徴点に対して、特徴点記録手段4に書かれている特徴点追跡手段に基づいて、11、12、13、…の複数ある特徴点追跡手段の1つを選択し、追跡を行う。

【0014】本実施形態例においては、特徴点追跡手段が複数のマッチング度評価手段からの出力を利用する。そのため類似した点を追跡することが可能になり、追跡精度が向上する。一方、特徴点追跡手段は複数用意されており、追跡制御手段3がそのうちの1つを選択することにより、ある特徴点追跡手段では追跡不可能な特徴

点も、別の特徴点追跡手段により別の方法を用いて追跡することが可能になる。したがって、本発明の課題である特徴点の追跡精度の向上、追跡可能な点の条件の緩和を行うことが出来るようになる。

【0015】図2は、本発明の原理を示す第2の実施形態例の構成図である。

【0016】図2において、11は特徴点追跡手段(1)、12は特徴点追跡手段(2)、21は特徴点追跡手段11で用いるマッチング度評価手段(1)、22は特徴点追跡手段11または特徴点追跡手段12で用いる別のマッチング度評価手段(2)、23は特徴点追跡手段12で用いるさらに別のマッチング度評価手段(3)、3は追跡制御手段、4は特徴点の追跡点を記録する特徴点記録手段、5は複数フレームからなる対象映像を表す。

【0017】本実施形態例では、特徴点追跡手段として特徴点追跡手段11、特徴点追跡手段12の2つを有している。また、マッチング度評価手段として2つの画像の特定の点の周辺の色分布の状態を比較する色分布マッチング度評価手段(マッチング度評価手段21)と、特定の点がエッジの上にのっている度合いを表すエッジ・マッチング度評価手段(マッチング度評価手段22)と、初期状態からの変形の度合いを表す輪郭変形度評価手段(マッチング度評価手段23)とを有する。特徴点追跡手段11は、色分布マッチング度評価手段21とエッジ・マッチング度評価手段22の出力を用いる。特徴点追跡手段12は、エッジ・マッチング度評価手段22と輪郭変形度評価手段23の出力を用いる。

【0018】本実施形態例においては、特徴点追跡手段の1つが色分布マッチング度評価手段、エッジ・マッチング度評価手段からの出力を利用する。そのためエッジ上で色分布の類似した点を追跡することが可能になり、追跡精度が向上する。本実施形態例における特徴点追跡手段のもう1つは、エッジ・マッチング度評価手段と輪郭変形度評価手段からの出力を利用する。そのため、エッジ上で初期状態からの変形をなるべく少なくする点を追跡することができ、形状的に特徴のない点の追跡も可能になる。そのため、追跡すべき特徴点に関する条件を緩和することができる。このように、異なる特徴点追跡手段が複数用意されており、追跡制御手段3がそのうちの1つを選択することで、ある特徴点追跡手段では追跡不可能な特徴点も別の特徴点追跡手段により別の方法を用いて追跡することが可能になる。したがって、本発明の課題である特徴点の追跡精度の向上、追跡可能な点の条件の緩和を行うことが出来るようになる。

【0019】図3は、本発明の第3の実施形態例を説明する図である。

【0020】図3において、11は特徴点追跡手段(1)、12は特徴点追跡手段(2)、21は特徴点追跡手段11で用いるマッチング度評価手段(1)、22

は特徴点追跡手段 1 1 または特徴点追跡手段 1 2 で用いる別のマッチング度評価手段 (2)、2 3 は特徴点追跡手段 1 2 で用いるさらに別のマッチング度評価手段 (3)、3 は追跡制御手段、4 は特徴点の追跡点を記録する特徴点記録手段、5 は複数フレームからなる対象映像を表す。この実施形態例では、特徴点追跡により顔映像から口の動きを抽出する場合を例とする。

【0021】この場合の、追跡すべき特徴点の例を図 4 に示す。この例で追跡すべき特徴点は 12 点とする。その座標 ( $x, y$ ) が特徴点記録手段 4 に記録される。また、各特徴点をどの特徴点追跡手段によって追跡するかも記録する。図 4 の例の場合、

- ・点 1, 4, 7, 10 : 特徴点追跡手段 (1)
  - ・点 2, 3, 5, 6, 8, 9, 11, 12 : 特徴点追跡手段 (2)
- とする。

【0022】マッチング度評価手段 (1) 2 1 は、色分布のマッチング度を評価するもので、画像  $I_{:, :}$ 、点  $(x, y)$ 、画像  $I_{:, :}$ 、点  $(u, v)$ 、ウインドウの片側タップ長  $n$  を入力とする。図 5 のように、画像  $I_{:, :}$  上と画像画像  $I_{:, :}$  上に一辺の長さ  $(2n + 1)$  の正方形のウインドウを作り、2 つのウインドウ内の RGB 値の差の合計値を、以下の式にしたがって求めて出力する。

【0023】 $d_{11}(I_{:, :}, x, y, I_{:, :}, u, v) = \sum_{i=-n}^{n+1} \sum_{j=-n}^{n+1} [ \{ I_{:, :}(x+i, y+j) - I_{:, :}(u+i, v+j) \}^2 + \{ I_{:, :}(x+i, y+j) - I_{:, :}(x+i, y+j) \}^2 + \{ I_{:, :}(x+i, y+j) - I_{:, :}(x+i, y+j) \}^2 ]$

ここで、 $I_{:, :}(x, y), I_{:, :}(x, y), I_{:, :}(x, y)$  は、画像  $I_{:, :}$  中で点  $(x, y)$  における赤、緑、青の輝度値を、 $I_{:, :}(u, v), I_{:, :}(u, v), I_{:, :}(u, v)$  は、画像  $I_{:, :}$  中で点  $(u, v)$  における赤、緑、青の輝度値をそれぞれ表すものとする。この値  $d_{11}$  が小さいほど 2 つのウインドウ内の色分布の違いが少ないといえる。なお、式中の  $\sum_{i=-n}^{n+1}$  の表記は、 $i = -n$  から  $i = n$  までの総和を示している（以下、同様）。

【0024】マッチング度評価手段 (2) 2 2 は、画像上の点がエッジ上にある度合いを表すもので、画像  $I_{:, :}$ 、座標  $(x, y)$ 、ウインドウの片側タップ長  $m$  を入力とする。まず画像  $I_{:, :}$  からエッジ画像  $E$  を求める。そして以下の式にしたがって、点  $(x, y)$  の周辺の点でのエッジ輝度の合計を求めて本評価手段の出力とする。

【0025】 $d_{22}(I_{:, :}, x, y) = \sum_{i=-m}^{m+1} \sum_{j=-m}^{m+1} E(x+i, y+j)$

この値が大きいほどエッジ上にある度合いの高い点といえる。なお、 $E(x, y)$  は点  $(x, y)$  におけるエッジ画像の輝度を表すものとする。

【0026】マッチング度評価手段 3 は、初期位置からの変形の度合いを表し、複数の点の座標を入力とする。

本実施形態例では、入力となる点の数を 4 としている。点  $i$  の現在の座標を  $(x_i, y_i)$  とする ( $i = 1, \dots, 4$ )。図 6 のように点間の距離  $l_{11}, l_{12}, l_{13}$  と線分のなす角度  $\theta_{11}, \theta_{12}, \theta_{13}$  を定義し、それぞれの初期値を  $l_{110}, l_{120}, l_{130}, \theta_{110}, \theta_{120}, \theta_{130}$  とする。点間をバネで結んだ弾性モデルとして考えると、初期状態からの変形による弾性エネルギーは

$$d_3(x_1, y_1, x_2, y_2, x_3, y_3, x_4, y_4) = \sum_{i=1}^3 \lambda_i (l_{ii} - l_{ii0})^2 + \sum_{i=1}^3 \mu_i (\theta_{ii} - \theta_{ii0})^2$$

10 で与えられ、この値を本評価手段の出力とする。この値が小さいほど初期状態からの変形が少ないと見える。なお、 $\lambda_i, \mu_i$  は弾性係数であり、あらかじめ定めておく。

【0027】特徴点追跡手段 (1) 1 1 は、マッチング度評価手段 (1) 2 1 とマッチング度評価手段 (2) 2 2 の出力を利用する。現在の画像フレーム  $I_{:, :, :}$  と追跡点の現在の座標  $(x, y)$  と次の画像フレーム  $I_{:, :, :, :}$  が与えられたとき、追跡点の新たな座標  $(x + \Delta x, y + \Delta y)$  を求める。このために  $\Delta x, \Delta y$  の探索範囲を  $-1 \leq \Delta x \leq 1, -1 \leq \Delta y \leq 1$  とし、下式を最小にする  $\Delta x, \Delta y$  を求める。

$$\begin{aligned} [0028] J_{11}(\Delta x, \Delta y) &= d_{11}(I_{:, :, :, :}, x, y, I_{:, :, :, :}, x + \Delta x, y + \Delta y) + w \cdot d \\ &+ (I_{:, :, :, :}, x + \Delta x, y + \Delta y) \end{aligned}$$

ここで、 $d_{11}$  の値は大きいほどエッジ上にのっているといえるので、 $w$  は負の定数とし  $J_{11}$  を最小化する。 $w$  は 2 つの評価尺度の重み付け係数であり、あらかじめ定めておく。

【0029】特徴点追跡手段 (2) 1 2 は、マッチング度評価手段 (2) 2 2 とマッチング度評価手段 (3) 2 3 の出力を利用する。現在の画像フレーム  $I_{:, :, :, :}$  と現在の追跡点の座標  $(x_i, y_i)$  ( $i = 1, \dots, 4$ ) と次の画像フレーム  $I_{:, :, :, :, :}$  と追跡点 1, 4 の新たな座標  $(x_{11}, y_{11} + \Delta y_{11}), (x_{12}, y_{12} + \Delta y_{12}), (x_{13}, y_{13} + \Delta y_{13})$  が与えられたとき、追跡点 2, 3 の新たな座標  $(x_{21}, y_{21} + \Delta y_{21}), (x_{22}, y_{22} + \Delta y_{22}), (x_{23}, y_{23} + \Delta y_{23})$  を求める。このために、 $\Delta x_{11}, \Delta y_{11}$  の探索範囲を  $-1' \leq \Delta x_{11} \leq 1', -1' \leq \Delta y_{11} \leq 1'$  とし、下式を最小にする  $\Delta x_{11}, \Delta y_{11}$  を求める。

$$\begin{aligned} [0030] J_{22}(\Delta x_{11}, \Delta y_{11}, \Delta x_{12}, \Delta y_{12}, \Delta x_{13}, \Delta y_{13}) &= \\ w' \cdot \sum_{i=1}^3 d_{22}(I_{:, :, :, :, :}, x_i, y_i, I_{:, :, :, :, :}, x_i + \Delta x_{11}, y_i + \Delta y_{11}) + d_{22}(x_i + \Delta x_{11}, y_i + \Delta y_{11}, x_i + \Delta x_{12}, y_i + \Delta y_{12}), \\ &(x_i + \Delta x_{12}, y_i + \Delta y_{12}, x_i + \Delta x_{13}, y_i + \Delta y_{13}) \end{aligned}$$

ここで、 $d_{22}$  の値は大きいほどエッジ上にのっているといえるので、 $w'$  は負の定数とし  $J_{22}$  を最小化する。 $w'$  は 2 つの評価尺度の重み付け係数であり、あらかじめ定めておく。

【0031】本実施形態例を動作させるには、まず特徴点記録手段 4 に各特徴点の初期位置、追跡方法をセット

する。追跡制御手段 3 は特徴点記録手段 4 の追跡手段の部分を調べ、特徴点追跡手段（1）を用いるものを選び出す。この場合、点 1, 4, 7, 10 が該当する。これらの点に対して、現在の画像フレームをフレーム 0、現在の追跡点の値を特徴点記録手段 4 に書きかれている値、次の画像フレームをフレーム 1 として、特徴点追跡手段（1）により追跡点の新たな座標を求める。この結果により特徴点記録手段 4 の値は更新される。

【0032】次に、追跡制御手段 3 は特徴点追跡手段（2）を用いる特徴点を選択する。この場合、点 2, 3, 5, 6, 8, 9, 11, 12 が該当する。まず、点 1, 2, 3, 4 に対して、特徴点追跡手段（2）を適用する。点 1, 4 の新たな座標はすでに特徴点追跡手段（1）により求められているので、特徴点追跡手段（2）により、点 2, 3 の新たな座標が求められる。同様にして、点 4, 5, 6, 7 に特徴点追跡手段（2）を適用することにより、点 5, 6 の新たな座標が、求められる。さらに点 8, 9, 11, 12 の新たな座標も求められる。

【0033】このようにして、フレーム 1 上での各特徴点の新たな座標が求められる。さらに、フレーム 1 を現在の画像フレーム、フレーム 2 を次の画像フレームとすることにより、フレーム 2 上での各特徴点の新たな座標が求められる。これを繰り返すことにより、各特徴点の追跡が行われていく。

【0034】このような構成により、点 1, 4, 7, 10 に対してはマッチング度評価手段（1）と（2）を用いることにより輪郭線上を正確に追跡することができる。残りの点に対しては、特徴点追跡手段（1）では追跡できないが、特徴点追跡手段（2）も用意しておくことで追跡することが可能になる。

【0035】この結果から明らかのように、従来の技術と比べて追跡の精度が向上する、追跡点を増やすことができる、という改善がある。

【0036】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、特徴点の追跡精度が向上し、より多くの追跡点の配置が可能となるので、対象物の追跡がより精度よく行えるという効果がある。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の原理を示す第 1 の実施形態例の構成図である。

【図 2】本発明の原理を示す第 2 の実施形態例の構成図である。

【図 3】本発明の第 3 の実施形態例を示す構成図である。

【図 4】上記第 3 の実施形態例での追跡すべき特徴点の例を示す図である。

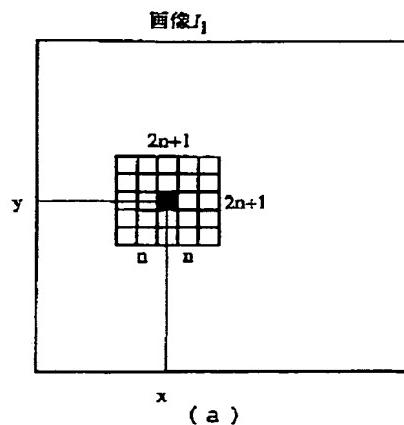
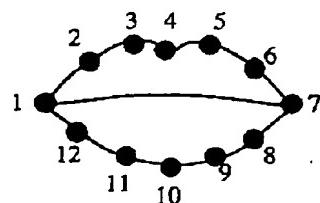
【図 5】（a），（b）は、上記第 3 の実施形態例でのマッチング度評価手段（1）の説明を補足するための図である。

【図 6】上記第 3 の実施形態例でのマッチング度評価手段（3）の説明を補足するための図である。

#### 【符号の説明】

- |    |                         |
|----|-------------------------|
| 20 | 1 1 … 特徴点追跡手段（1）        |
|    | 1 2 … 特徴点追跡手段（2）        |
|    | 1 3 … 特徴点追跡手段（3）        |
|    | 2 1 … マッチング度評価手段（1）     |
|    | 2 2 … マッチング度評価手段（2）     |
|    | 2 3 … マッチング度評価手段（3）     |
|    | 2 1 1 … マッチング度評価手段（1 1） |
|    | 2 1 2 … マッチング度評価手段（1 2） |
|    | 2 2 1 … マッチング度評価手段（2 1） |
|    | 2 2 2 … マッチング度評価手段（2 2） |
| 30 | 2 3 1 … マッチング度評価手段（3 1） |
|    | 2 3 2 … マッチング度評価手段（3 2） |
|    | 3 … 追跡制御手段              |
|    | 4 … 特徴点記録手段             |
|    | 5 … 対象映像                |

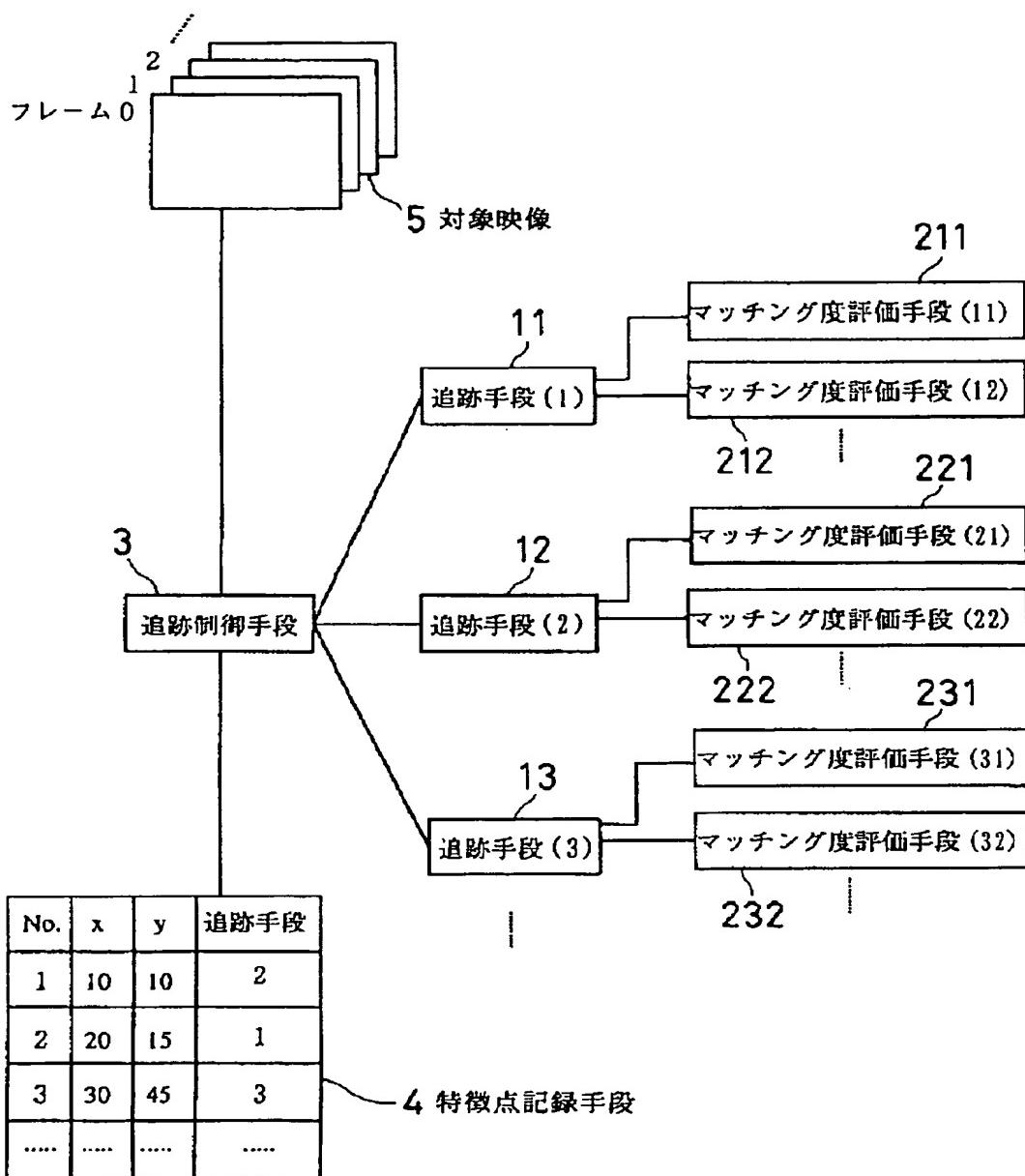
【図 4】



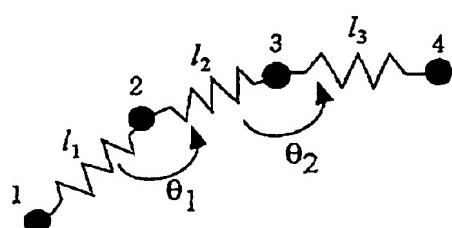
(a)

(b)

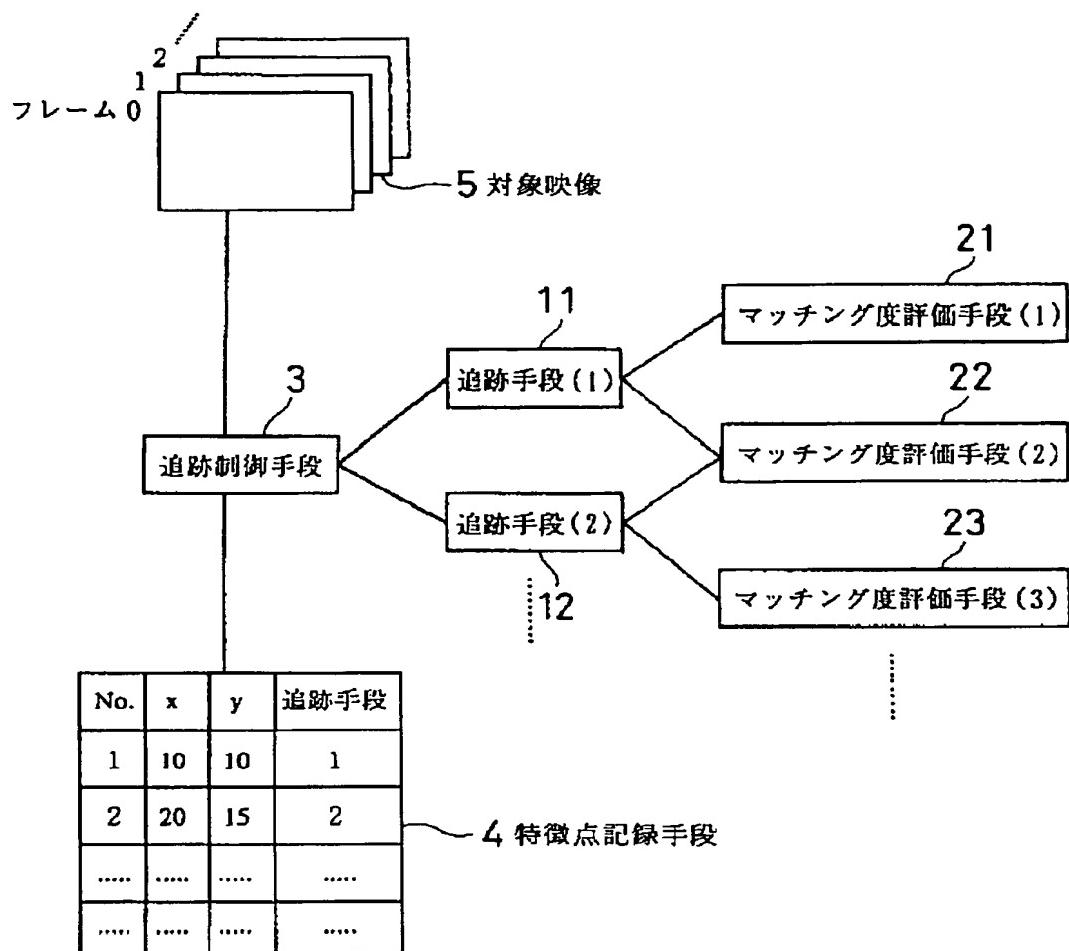
【図 1】



【図 6】



【図 2】



【図 3】

